

青海省泽库县瓦尔沟地区地球物理、地球化学特征及找矿方向

邢佳¹, 王建国^{1, 2*}, 张世珍¹

(1. 青海大学地质工程系, 青海 西宁 810016; 2. 矿物加工科学与技术国家重点实验室, 北京 102628)

摘要: 为明确青海省泽库县瓦尔沟地区的找矿方向, 在分析研究区地质资料的基础上, 通过电法勘探、水系沉积物测量等方法, 对视电阻率特征、视极化率特征、元素分布特征和异常元素组合特征进行了分析。结果表明: 瓦尔沟地区共有六条激电异常带(JD1、JD2、JD3、JD4、JD5、JD6), 其中JD2、JD3和JD5表现为低阻高激化特征, 与成矿具有良好的相关关系; 水系沉积物异常三处(AS-9、AS-15、AS-19), 其中Au元素异常规模较大, 浓度分带明显, AS-9异常中Au元素的平均值为 172.06×10^{-9} , 峰值为 $1\,260 \times 10^{-9}$, AS-19异常中Au元素的平均值为 11.13×10^{-9} , 峰值为 55.4×10^{-9} 。因此, 瓦尔沟地区具备找矿潜力的矿产为金, 赋矿地层位于研究区发育的北西向断裂破碎带中三叠世的隆务河组。研究结论对于丰富成矿规律认识和提高找矿效率具有理论和实际意义。

关键词: 青海省泽库县; 瓦尔沟地区; 地球物理; 水系沉积物; 找矿方向

中图分类号: P622 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8996(2021)06-0094-07

DOI: 10.13901/j.cnki.qhwxzbk.2021.06.014

Geophysical and geochemical characteristics and prospecting direction in Wa'ergou area in Zeku county of Qinghai province

XING Jia¹, WANG Jianguo^{1, 2*}, ZHANG Shizhen¹

(1. College of Geological Engineering, Qinghai University, Xining 810016, China;

2. State Key Laboratory of Mineral Processing, Beijing 102628, China)

Abstract: In order to clarify the prospecting direction in Wa'ergou area, Zeku county, Qinghai province, the characteristics of apparent resistivity, apparent polarizability, element distribution and anomalous element combination are analyzed by means of electrical exploration and aqueous sediment measurement based on the analysis of geological data of the study area. The results show that there are 6 IP anomaly zones in the area, including JD1, JD2, JD3, JD4, JD5 and JD6. Among them, JD2, JD3 and JD5 show the characteristics of low resistance and high intensification, which has a good correlation with mineralization. There are 3 stream sediment anomalies, namely AS-9, AS-15 and AS-19, in which the scale of Au element anomaly is large with obvious concentration zoning. The average value of Au in AS-9 anomaly is 172.06×10^{-9} with the peak value of $1\,260 \times 10^{-9}$. The average value of Au in AS-15 anomaly is 11.13×10^{-9} with the peak value of 55.4×10^{-9} . Therefore, the mineral with prospecting potential in the area is gold. The ore-bearing strata are located in the Middle Triassic Longwu River Formation of the north-west fracture zone developed in the area. This conclusion is of theoretical and practical significance for enriching the understanding of

收稿日期: 2021-03-22

基金项目: 青海省科学技术厅应用基础研究计划项目(2019-ZJ-7022); 矿物加工科学与技术国家重点实验室开放基金(BGRIMM-KJSKL-2020-04)

作者简介: 邢佳(1996—)男, 山西广灵人, 青海大学在读硕士研究生。* 通信作者, E-mail: lywjg467047@126.com

metallogenic rules and improving prospecting efficiency.

Key words: Wa'ergou area; geophysics; stream sediment; prospecting direction; Zeku county of Qinghai province

青海省泽库县瓦尔沟地处西秦岭地区,大地构造位置位于印支造山带(Ⅱ₁)同德—泽库早印支造山亚带(Ⅱ₁₂)^[1]。20世纪70年代,青海省地质局区测队在该地区开展了1:200 000的区调工作,获得了较为详实的区域地层、构造、岩浆岩和矿产等资料;20世纪80年代,青海省地矿局化探队开展了1:50 000土壤测量和1:200 000水系沉积物测量工作,进一步查明了该地区的地质矿产情况,发现了多处异常大、强度高的异常区带及元素组合异常;21世纪以后,青海省第一地质矿产勘查大队以前人获得的资料为基础,开展了以金元素为主的贵金属勘查工作。但到目前为止,前人学者如田立明^[1]、王斌等^[2]以及徐守超等^[3]对同德—泽库成矿带的研究主要集中在与甘肃枣子沟、寨上、大桥以及阳山金矿床等距分布的瓦勒根地区^[4],仅有武宝贵等^[5]对瓦尔沟地区的地质特征进行了初步探讨和研究。本文通过分析以往的地质资料,并结合最新的地球物理、地球化学特征对瓦尔沟地区矿化异常进行剖析,以确定该地区的找矿标志,明确找矿方向,为今后该地区的探矿工作提供新的思路 and 方向。

1 成矿地质背景

1.1 矿产概况 研究区成矿区带属于同德—泽库印支期汞、砷、铜、铅、锌、金(锑、钨、铋、锡)成矿带(Ⅲ₁₆),带内以As、Hg的高背景地球化学异常为特点^[6],分布有金、铜、铅、锌、汞、砷、钨、锡等特色矿种,新生代盆地中埋藏有砂金,冲洪积砂金也有发育。研究区是早印支期褶皱带,经历印支、燕山、喜马拉雅多期次的构造运动热事件。研究区发育的断裂为成矿热液提供了运移通道和沉积空间^[7]。其中,印支运动提供了大量的岩浆侵入和喷发,造成多金属及贵金属矿产的矿化,使研究区成为贵金属和多金属矿产富集的最佳区域^[8]。研究区发育的矿床以高—中温及中—低温热液型为主,其中以夏布楞铅锌矿床、多朗尔日寨银砷矿床和恰力曲砷矿化点等最为典型。

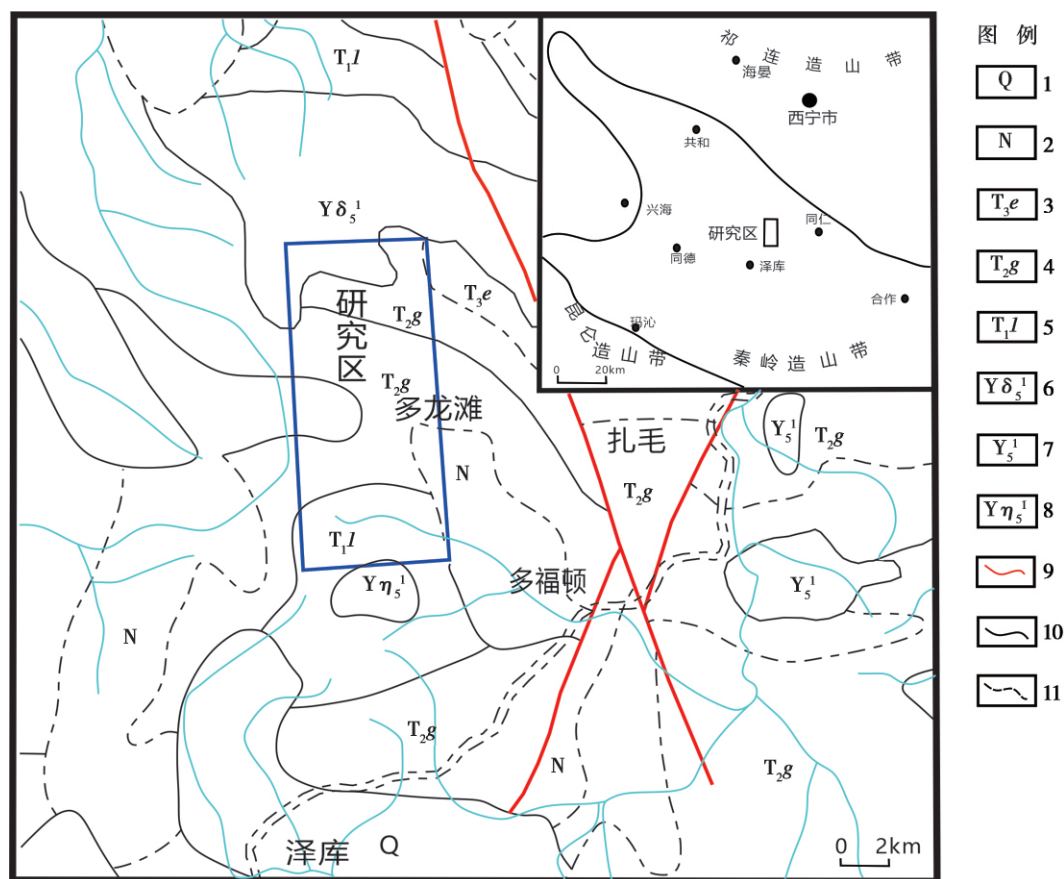
1.2 成矿地质背景

(1) 研究区地层属于东昆仑—西秦岭地层分区中的兴海—同仁小区,仅发育有古近系以来的地层^[5],出露地层主要集中在早、中期三叠世的隆务河组($T_{1-2}l$)、古浪堤组($T_{1-2}g$)和晚三叠世的鄂拉山组(T_3e)(图1)。早、中期三叠世的隆务河组($T_{1-2}l$)和古浪堤组($T_{1-2}g$)是槽底沉积的活动型地层,隆务河组地层的岩性主要为长石杂砂岩、长石石英砂岩和长石砂岩等,局部夹有粉砂质板岩。古浪堤组地层的岩性由灰色厚—巨厚层状中—细粒长石岩屑杂砂岩夹深灰色泥钙质板岩组成。晚三叠世的鄂拉山组(T_3e)角度不整合地覆盖于隆务河组、古浪堤组之上^[9],其岩性组合主要为一套变质的陆相火山岩,下部以中基性火山岩夹碎屑岩为主,火山岩主要是安山岩,底部为复成分砾岩、砂砾岩和火山砾岩;上部以中酸性火山岩为主,夹陆相碎屑岩。第四纪冲洪积沙砾堆积广布于河谷地带。

(2) 研究区地质构造复杂多变,主要构造行迹为断裂,褶皱几乎不发育,仅出露的隆务河组地层北西向压扭性断裂一侧发育有拖曳褶皱^[10]。研究区发育的主要断裂为北西向、近东西向和北东向。其中北西向断裂主要控制南部构造线,北西向和近东西向控制北部构造线。近东西向断裂为三叠世末期印支造山运动的构造变形遗迹,是研究区发育最早的一组断裂,其与北西向断裂呈“入”字型交接。之后形成的北西向断裂是研究区的一级主干断裂,发育有压扭性破碎带,破碎带倾角陡立,宽窄不一,呈舒缓

的波浪状。金矿化体、金矿体在破碎带两侧均有发育。最晚形成的北东向断裂规模较小,与北西向断裂共同组成一对共轭扭性断裂,切割研究区地层和近东西向断裂,研究区的多金属矿产多与该断裂有密切的成生关系^[11]。

(3) 研究区岩浆活动剧烈,受明显的区域性构造控制,形成了以北西—南东向为主的带状分布特征。印支早期的火山喷发活动形成了海相和陆相两类火山岩^[12]。海相火山岩主要赋存在早、中期的三叠世地层中,陆相火山岩则发育在晚三叠世的地层中,大部分为中心式喷发,对研究区 Cu、Pb、Zn 的热水成矿作用具有明显的促进效力^[13]。印支晚期的岩浆侵入活动则主要形成了花岗闪长岩体和石英斑岩体,偶尔可见少量的黑云母拉辉煌斑岩脉和石英脉。以石英斑岩脉最为发育,岩脉中的蚀变石英斑岩与金矿化具有密切的关系^[14]。



1 第四系; 2 新近系; 3 鄂拉山组; 4 古浪堤组; 5 隆务河组; 6 印支期花岗闪长岩;
7 印支期花岗岩; 8 印支期二长花岗岩; 9 断层; 10 地质界线; 11 不整合界线。

图 1 地层出露及大地构造位置图

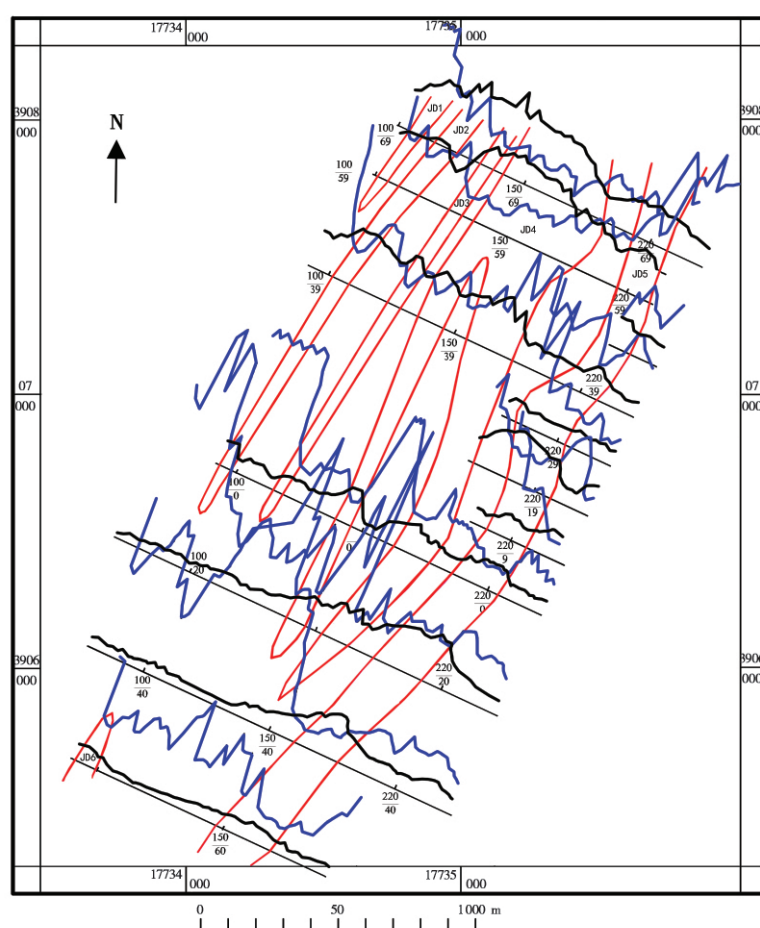
Fig. 1 Stratigraphic exposure and geotectonic location map

2 地球物理、化学特征

2.1 电法异常特征

通过分析青海省第一地质矿产勘查队的夏德日地区 1:10 000 电法测量成果可知,研究区共有 JD1、JD2、JD3、JD4、JD5 和 JD6 六条异常带(据文献[17]修改),如图 2 所示。JD1 异常带为北东向且不封闭,

视电阻率曲线西倾,因此可能由黄铁矿化石英斑岩引起。与其相邻的JD2异常带和JD3异常带呈北东向且均未封闭,南端狭窄、北端宽缓。这两个异常带尖峰部位的视电阻率相对较低,表明有断层破碎带通过,是成矿的有利部位。JD4异常带呈北东向且不封闭,由北到南逐渐减小,表明岩石矿化程度由南到北逐渐减弱。该异常带视电阻率低,出露的岩性为长石砂岩,黄铁矿化大多呈它形粒状沿裂隙面分布,判断该异常带为黄铁矿化长石砂岩引起。JD5异常带贯穿整个夏日德地区,南北均不封闭。该异常带出露的花岗岩、长石砂岩夹粉砂质板岩的视极化率较低,不足以引起该异常,故该异常与矿体有很大的关系。JD6异常带分布范围很小,但与已知的矿体有良好的对应关系,故判断是矿体导致的异常,根据异常形态可以判断矿体向下有一定的延深^[15]。综合地球物理特征可知,研究区的黄铁矿化石英斑岩和黄铁矿化长石砂岩均具有较高的极化率,石英斑岩和花岗岩的视电阻率与其它岩石有明显的差别,但黄铁矿化石英斑岩、黄铁矿化长石砂岩与围岩的差异并不明显。



1 视极化率曲线; 2 视电阻率曲线; 3 异常及编号; 视电阻率曲线比例尺为

1 cm = 4.0%; 视极化率曲线比例尺为 1 cm = 500 $\Omega \cdot m$ 。

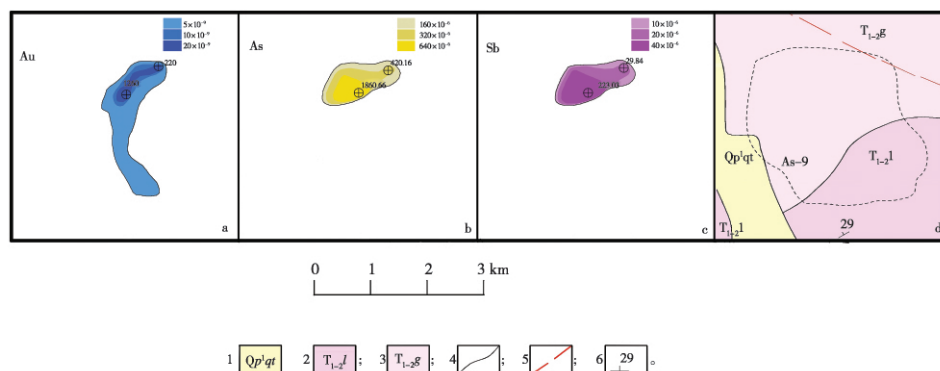
图2 物探激电剖面图

Fig. 2 IP profile of geophysical prospecting

2.2 地球化学特征

对 1:50 000 水系沉积物化探扫面结果进行分析后可知,研究区共有三个具有地质意义的综合异常,分别为 AS-9、AS-15、AS-19。AS-9 异常位于瓦尔沟内,异常主元素为 Au,特征组合元素为 As、

Sb、Ag、Cu 等。主元素 Au 的平均值为 172.06×10^{-9} 峰值为 $1\,260 \times 10^{-9}$ 。该异常中 Au、As、Sb 单元素异常套合较好, 浓度中心明显(图 3)。

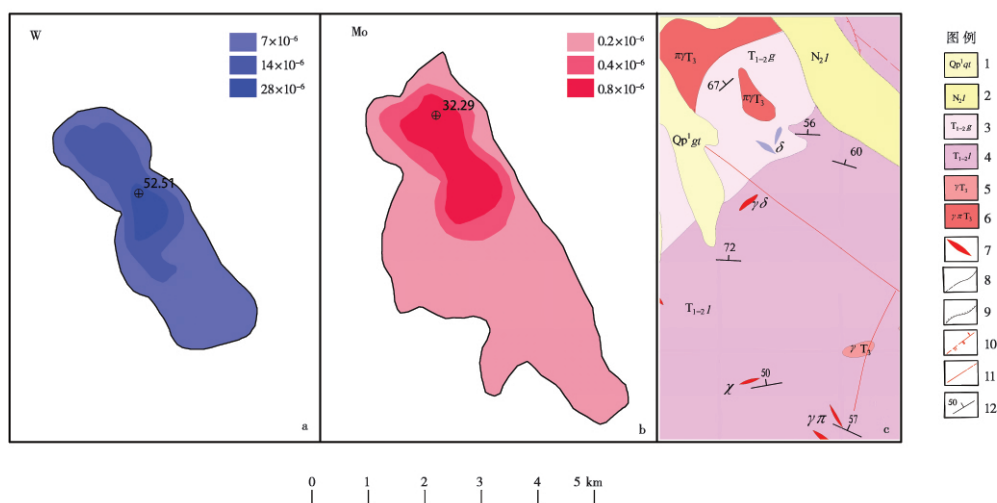


1 第四系; 2 隆务河组; 3 古浪堤组; 4 地质界线; 5 推测性质不明断层; 6 地层产状。

图 3 单元素异常剖析图

Fig. 3 Profiling of single - element anomaly

AS - 15 异常位于多隆河一带, 异常主元素为 Mo、W, 特征组合元素为 Au、Ag、As、Bi、Cu 等。主元素 Mo 的平均值为 4.54×10^{-6} 峰值为 32.29×10^{-6} , W 的平均值为 17.74×10^{-6} 峰值为 52.51×10^{-6} 。主元素异常规模较大, 浓度分带明显, 具备较好的成矿潜力(图 4)。同时, 特征元素中的 Au 异常也具有一定的规模和较好的内中外浓度分布, 表明该元素也是重要的成矿元素^[16]。



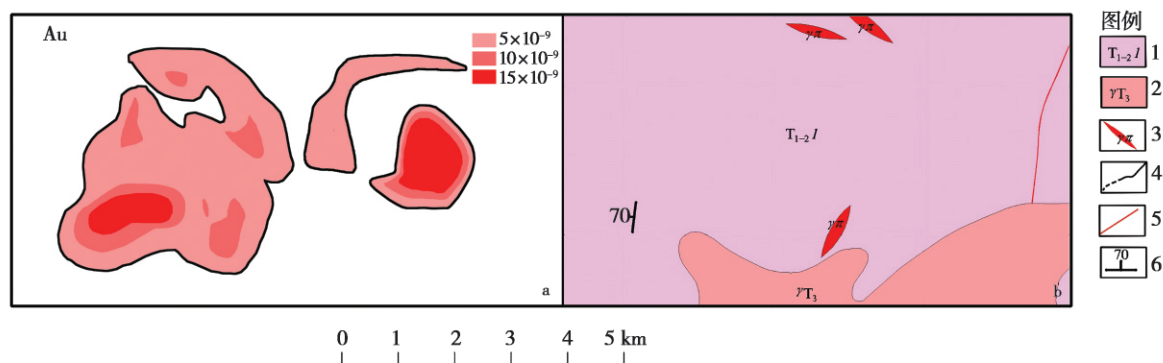
1 第四系; 2 新近系; 3 古浪堤组; 4 隆务河组; 5 肉红色细粒花岗岩; 6 花岗斑岩; 7 酸性岩脉;
8 实测、推测地层整合接触及侵入接触界线; 9 地层不整合接触界线; 10 实测、推测逆断层;
11 实测、推测性质不明断层; 12 地层产状。

图 4 单元素异常剖析图

Fig. 4 Profiling of single - element anomaly

AS - 19 异常位于夏日德地区, 异常主元素为 Au, 与 As、Sb、Ag 等元素具有较强的亲和力, 并伴有 Cu、Pb 等元素组合。主元素 Au 的平均值为 11.13×10^{-9} 峰值为 55.4×10^{-9} , 具有内、中、外三级浓度

分带,异常浓度中心明显(图5)。



1 隆务河组; 2 花岗岩; 3 花岗斑岩脉; 4 地层整合接触及侵入接触界线;
5 实测、推测性质不明断层; 6 地层产状。

图5 单元异常剖析图

Fig. 5 Profiling of single - element anomaly

3 找矿标志

(1) 地层标志。研究区发育的早、中三叠世隆务河组地层的破碎带蚀变岩以及沿裂隙侵入的热液矿脉是一种重要的找矿标志。

(2) 构造标志。研究区发育的构造破碎蚀变带和层间裂隙带是该地区重要的间接找矿标志。

(3) 物、化探异常标志。物探激电特征表现为低阻高激化, Au、Ag、Cu、As、Pb 等中—低温成矿元素产生的化探异常区域也是重要的找矿标志。

(4) 围岩蚀变标志。研究区围岩蚀变为褐铁矿化、黄铁矿化、毒砂矿化(图6)等的地段也是明显的间接找矿标志^[17]。

(5) 岩矿石标志。研究区发育的石英斑岩脉中存在不同程度的金、铜矿化, 因此也可以将它作为一种重要的找矿标志。



图6 黄铁矿黄铜矿毒砂矿脉矿石

Fig. 6 Pyrite chalcopyrite poisonous sand vein ore

4 讨论与结论

青海省泽库县瓦尔沟地区成矿条件优越, 矿产资源丰富, 具备极佳的找矿潜力^[7]。但目前在瓦尔沟地区开展的找矿工作并不理想, 主要原因是之前的找矿工作偏重于单一矿种的调查, 采用的调查方法单一^[17]。物化探方法结合不合理, 并且对资料的分析也很不完善^[5]。因此, 今后在本区开展找矿工作时应加强综合找矿意识, 例如勘探矿种多样化、勘探手段多元化、分析方法多层次等。本文结合最新的地球物理、地球化学特征对瓦尔沟地区矿化异常进行剖析, 得出如下结论:

(1) 研究区断裂构造发育, 但目前研究区已经发现的金矿体多赋存在北东向含金石英脉中, 研究区

内发育的北西向、近东西向和北东向三组断裂中并无金矿体,而相邻区域的瓦勒根大型金矿床中金矿体主要赋存于近东西向和北西向构造破碎带中。综合对比可知,有望在研究区的北西向断裂破碎带中找到相当规模的金矿体。

(2) 地球化学特征表明,隆务河组地层富集 Au、Sb、Hg、Pb、W、As、Ag、Bi、Zn、Mo 等元素,其中 Au、Sb、Hg、Pb、W、As、Ag、Bi 存在较强的富集,Bi、As、Hg、Au 等元素具有分异性。因此早三叠世的隆务河组地层为研究区主要的矿源层,具备找到相当规模中—低温热液矿产的潜力。

(3) 印支期岩浆岩在研究区出露良好,石英斑岩岩脉均有不同程度的金、铜矿化,尤其是出露的印支晚期石英斑岩体(脉)含金普遍较高。故可在沿近东西向裂隙侵入的石英斑岩脉中找到金矿体。

参考文献:

- [1] 田立明. 青海东昆仑成矿带区域地球化学数据处理及靶区优选[D]. 武汉: 中国地质大学, 2017.
- [2] 王斌, 李玉录, 赵志飞, 等. 青海瓦勒根金矿床地质特征及矿床成因[J]. 矿产勘查, 2019, 10(10): 2501–2505.
- [3] 徐守超, 徐汉宾. 青海地区铜矿资源规划体系探讨[J]. 世界有色金属, 2019(8): 106.
- [4] 彭志军, 张鹏, 张为民, 等. 青海道拉岗金铜矿成矿地质特征及找矿远景分析[J]. 中国金属通报, 2018(3): 263–264.
- [5] 武宝贵, 侯祯太, 宋忠宁. 青海省泽库县瓦尔沟金矿床成因及地质特征[J]. 自然科学(文摘版), 2016, 3(6): 148.
- [6] 郭素雄, 陈明辉, 陈孟军, 等. 西秦岭德乌鲁岩体矿集区下看木仓金矿床地质特征、控矿因素及找矿方向探讨[J]. 矿产与地质, 2020, 34(5): 897–904.
- [7] 张涛, 陈正乐, 周振菊, 等. 西南天山阿沙哇义金矿床流体包裹体和 H–O 同位素地球化学特征与造山型金矿成因[J]. 中国地质, 2021, 1–23.
- [8] 陈苏龙, 马国栋, 李玉莲, 等. 青海省泽库县瓦勒根金矿床地质特征及成因分析[J]. 西北地质, 2015, 48(4): 168–175.
- [9] 李蓓, 朱赖民, 丁乐乐, 等. 西秦岭李坝金矿床地质、同位素地球化学及其成因探讨[J]. 地质学报, 2021, 95(2): 427–448.
- [10] 张斌, 刘家军. 西秦岭寨上金矿床构造控矿特征与成矿规律[J]. 黄金科学技术, 2020, 28(6): 825–836.
- [11] 张愿宁, 梁志录, 邱昆峰, 等. 西秦岭早子沟金矿床成因研究进展与展望[J]. 矿产勘查, 2020, 11(1): 28–39.
- [12] 郑力. 西秦岭南缘一带金矿控矿因素与成矿规律研究[J]. 世界有色金属, 2019(16): 263.
- [13] DUAN L A, YANG X Y, DENG J H, et al. Mineralization, geochemistry and zircon U–Pb ages of the paodaoling porphyry gold deposit in the Guichi region, Lower Yangtze metallogenic belt, Eastern China[J]. Acta Geologica Sinica – English Edition, 2018, 92(2): 706–732.
- [14] 李建威, 赵新福, 邓晓东, 等. 新中国成立以来中国矿床学研究若干重要进展[J]. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(11): 1720–1771.
- [15] XIONG Y Q, SHAO Y J, MAO J W, et al. The polymetallic magmatic–hydrothermal Xiangdong and Dalong systems in the W–Sn–Cu–Pb–Zn–Ag Dengfuxian orefield, SE China: constraints from geology, fluid inclusions, H–O–S–Pb isotopes, and sphalerite Rb–Sr geochronology[J]. Mineralium Deposita, 2019, 54(8): 1101–1124.
- [16] XIONG X, ZHU L M, ZHANG G W, et al. Petrogenesis and tectonic implications of Indosinian granitoids from Western Qinling Orogen, China: Products of Magma–mixing and fractionation[J]. Geoscience Frontiers, 2020, 11(4): 1305–1321.
- [17] 张鹏, 武宝贵, 侯祯太, 等. 青海省泽库县瓦尔沟金矿调查评价报告[R]. 西宁: 青海省第一地质矿产勘查院, 2014.

(编辑 鲍亚楠)